



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Controlador de Acceso Wi-Fi:
Pruebas de Alta
Disponibilidad y Tráfico DL
UDP en 2.4 y 5.8 GHz**

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de
Ingeniero Eléctrico-Electrónico

P R E S E N T A

Victor Samuel Garcia Rojas

ASESOR(A) DE INFORME

Dr. Victor Garcia Garduño



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2018



Dedicatoria

A mis padres. Su apoyo y amor incondicional me han permitido crecer en todos los ámbitos personales y profesionales.

A mi hermana. A pesar de tus limitaciones, has marcado mi vida de grandes lecciones.

A todos mis amigos con quienes he compartido, vivido y experimentado grandes alegrías a lo largo de este camino.

Agradecimientos

A mi Universidad por brindarme las herramientas necesarias para enfrentar cualquier tipo de reto profesional.

A la empresa donde laboro, agradezco la confianza que depositaron en mí para lograr objetivos conjuntos. Así mismo, por brindarme la oportunidad de aprender y desarrollar mis capacidades.

A mi tu tutor Dr. Garduño, por guiarme desde el inicio, apoyarme y compartir sus experiencias; mismas que constituyeron una pieza clave en mi formación.



Índice General

Dedicatoria.....	1
Índice General	2
Índice de Imágenes y Diagramas	3
Índice de Tablas	4
Introducción	5
Capítulo 1. Antecedentes y Objetivo	6
1.1 Antecedentes de la empresa	6
1.2 Antecedentes del proyecto	7
1.3 Objetivo del Proyecto	8
Capítulo 2. Marco Teórico	9
Capítulo 3. Descripción del Proyecto	12
3.1 Metodología de Proyecto	13
3.2 Problemas por solucionar	13
Capítulo 4. Resultados y Análisis	16
4.1 Marco de Referencia	16
4.2 Solución y Resultados de la Parte 1 del Proyecto	16
4.3 Solución y Resultados de la Parte 2 del Proyecto	19
4.4 Solución y Resultados de la Parte 3 del Proyecto	20
4.5 Solución y Resultados de la Parte 4 del Proyecto	20
4.6 Solución y Resultados de la Parte 5 del Proyecto	23
Capítulo 5. Conclusiones	40
Bibliografía	41



Índice de Imágenes y Diagramas

Diagrama 3.1. Arquitectura de Red	12
Diagrama 3.2 Topología de Conexión	15
Imagen 3.1. Conexión de un Dispositivo móvil en 5.8GHz.....	23
Imagen 3.2. Configuración nodos del controlador antes de prueba.	23
Imagen 3.3. Trafico UDP enviado desde servidor FTP/UDP.....	24
Imagen 3.4. Reinicio del nodo activo del controlador.....	24
Imagen 3.5. Cambio de estado, nodos del controlador.....	24
Imagen 3.6. Recuperación del nodo del controlador reiniciado.....	25
Imagen 3.7. Trafico recibido en el dispositivo móvil.	25
Imagen 3.8. Conexión de un Dispositivo móvil en 5.8GHz.....	26
Imagen 3.9. Configuración nodos de computo antes de prueba.	26
Imagen 3.10. Trafico UDP enviado desde servidor FTP/UDP.....	27
Imagen 3.11. Reinicio del nodo de computo 1 del controlador.....	28
Imagen 3.12. Nodo de computo 1 cambia su estado a “fuera de línea”	28
Imagen 3.13. Recuperación del nodo de computo 1 del controlador.....	28
Imagen 3.14. Trafico recibido en el dispositivo móvil.....	29
Imagen 3.15. Características de conexión reportado por el Dispositivo móvil.....	31
Imagen 3.16. Características de conexión reportado por los dispositivos móviles.....	33
Imagen 3.17. Características de conexión reportado por el Dispositivo móvil.....	35



Índice de Tablas

Tabla 3.1. Direccionamiento IP.....	17
Tabla 3.2. Red de Usuario.....	18
Tabla 3.3. Parámetros de zona	21
Tabla 3.4. Resultados prueba tráfico UDP DL 1	30
Tabla 3.5. Resultados prueba tráfico UDP DL 2	32
Tabla 3.6. Resultados prueba tráfico UDP DL 3	34
Tabla 3.7. Resultados prueba tráfico UDP DL 4	36
Tabla 3.8. Resultados prueba tráfico UDP DL 5	37
Tabla 3.9. Resultados prueba tráfico UDP DL 6	38
Tabla 3.10. Resultados prueba tráfico UDP DL 7.....	39



Introducción

El presente reporte, es producto del trabajo que he realizado dentro un proyecto en el año 2017 para una empresa finlandesa líder en redes de **Telecomunicaciones** y desarrollo tecnológico. Dicha empresa tiene presencia en más de 150 países, siendo actualmente uno de los principales desarrolladores y proveedores de tecnología en el área de infraestructura de red para telefonías fijas y móviles; tanto de tecnología 3G, 4G-LTE, VoLTE y próximamente 5G. Así mismo, cuenta con un portafolio de productos y servicios que incluyen IoT, aplicaciones en realidad virtual, salud digital, entre otros. Fue fundada por un ingeniero y empresario finés, en 1865.

Sustentado en el trabajo realizado como Ingeniero de Soporte de Producto en un proyecto de Instalación de software y servicios de red basado en *Cloud Computing* en la modalidad de infraestructura y software como servicio, para el control de acceso Wi-Fi. Dicha implementación, permitió la realización de una prueba de producto a una compañía proveedora de servicios de telefonía móvil. Actualmente, dicha compañía representa más del 60% de participación dentro del mercado mexicano.

El presente reporte está organizado de la siguiente manera:

En el **Capítulo 1.** Antecedentes y Objetivo. Se describe de manera breve la historia de la empresa para la cual laboro, se narra cómo nace el proyecto objeto de este reporte, y se define el objetivo.

En el **Capítulo 2.** El marco Teórico. Se explican de manera breve los conceptos y tecnologías que están relacionadas con el trabajo realizado.

En el **Capítulo 3.** Metodología del Proyecto. Se identifican los problemas a resolver, se propone un procedimiento para la solución de ellos. Y por último se analizan los requerimientos y dependencias.

En el **Capítulo 4.** Resultados. Se analizan e interpretan los resultados obtenidos

En el **Capítulo 5.** Conclusiones. Se analizan los logros alcanzados conforme a los objetivos planteados.



Capítulo 1

Antecedentes y Objetivo

1.1 Antecedentes de la empresa

La compañía para la cual laboro ve sus inicios en el año 1865 involucrándose en temas de carácter ajeno a las comunicaciones. No fue sino después de la primera guerra mundial que la empresa empezó a incursionar en la manufactura de cable de energía eléctrica. Dicha incursión la condujo en el ámbito de las comunicaciones, siendo pionera en la rama de tecnologías de información desde el año 1960, abocándose en una primera instancia a los radio-transmisores, transmisiones por microondas, conmutadores y más tarde en infraestructura de red para telefonía móvil. Así mismo, cabe destacar que fue pionera en el desarrollo de teléfonos celulares desde el surgimiento de dicha tecnología.

Actualmente, se ha convertido en líder mundial de desarrollo de tecnología dentro del área de las Telecomunicaciones.

Metas de la empresa.

Crear nuevas formas de conectar personas y servicios de forma instantánea y sin esfuerzo desde una base de integridad, calidad y seguridad. Ayudar a sus clientes a navegar por las opciones complejas del mundo conectado, para desbloquear sus oportunidades y permitir nuevas y extraordinarias experiencias en la vida de las personas todos los días.

Misión.

Crear tecnología que permita conectar al mundo y ayudar a las personas a prosperar.

Visión.

Atender las necesidades tecnológicas de proveedores de servicios de comunicaciones, gobiernos, grandes empresas y consumidores con la cartera de productos, servicios y licencias más completa de la industria.



1.2 Antecedentes del Proyecto.

Una importante empresa líder proveedora de servicios de telefonía móvil en México ofrece sus usuarios lo último en tecnología móvil, desde el ámbito de conectividad, infraestructura, dispositivos de vanguardia y cobertura. Siendo este último el tema que nos compete en este reporte.

La cobertura de red ha sido desde sus inicios un tema importante en telefonía móvil, es por ello que existen soluciones dedicadas a subsanar este problema. Una solución para aumentar la cobertura de red es habilitar una cobertura Wi-Fi existente o nueva como acceso a la red móvil actual. Es decir, permite que la información que tradicionalmente se ha enviado a través de accesos de telefonía móvil (antenas dedicadas colocadas estratégicamente a lo largo y ancho de un territorio) viajen a través de una conexión Wi-Fi hasta un Controlador de acceso a la red. Una vez aquí, la llamada de voz o datos es enlazada a la red de telefonía móvil.

Dicha solución representa una disminución sustancial en costos de instalación de acceso tradicional y complementa la cobertura que actualmente existe; ya que puede llegar a zonas o puntos ciegos donde la cobertura actual tiene difícil acceso. Por lo cual, un controlador de acceso representa un elemento imprescindible en esta solución.

Debido a la incipiente necesidad de la compañía proveedora de servicios de telefonía móvil de mejorar la calidad de su servicio, solicita a la empresa en la cual laboro, una demostración del funcionamiento de dicha solución. Por lo cual, me toca formar parte del desarrollo de una prueba de funcionamiento.

Descripción del puesto de trabajo.

En mayo del 2017, la empresa para la cual laboro me incluye en el desarrollo de un *trial o prueba de funcionamiento básica*, la cual tendrá como objeto mostrar la tecnología de acceso y los elementos de red que engloba la solución para mostrar al cliente. El puesto para el cual fui requerido fue el de *Customer Services Engineer*. Los objetivos del puesto fueron:

1. Colaborar con el cliente en el soporte, actualización y mejoramiento de los servicios habilitados con la tecnología de la empresa en la cual laboro.
2. Dominio del idioma inglés oral y escrito.
3. Colaboración de manera remota en los requerimientos de otros proyectos a nivel global
4. Programación de servidores y elementos de red para atender las necesidades de aplicación y conectividad dentro de una arquitectura de red de telefonía móvil.



Los retos a los que me enfrente en el desarrollo del proyecto fueron:

1. Desconocimiento del producto que estaba configurando
2. Poco conocimiento de redes y bases de datos.
3. Entender la ruta de conectividad del equipo para poder enlazar diferentes servicios adicionales.
4. Poco conocimiento de infraestructura de red y componentes de aplicación virtualizados.
5. Fallas en el suministro eléctrico del laboratorio del cliente en el cual se desarrolló la instalación. Debido a esto, el equipo presentaba fallas en el funcionamiento y se tenía que atender errores antes de continuar el proceso de configuración, lo que ocasionó demora en el tiempo de configuración.

Los resultados que se pretendían obtener fueron:

1. Que el *trial* tuviese un impacto positivo en el cliente para que se interesase en la adquisición de la solución de forma global.
2. Tener registro de las soluciones ejecutadas exitosamente ante los problemas surgidos en el proceso de configuración para poder replicarlos en futuros proyectos de la compañía donde laboro.
3. Lograr velocidades considerables de bajada de datos en el acceso Wi-Fi.
4. Comprobar la Alta disponibilidad de servicio del equipo.

Mi participación en el proyecto comenzó en mayo de 2017 concluyendo exitosamente en diciembre del mismo año.

1.3 Objetivo del Proyecto

El objetivo primordial del proyecto consistió en la instalación y configuración de un escenario básico de acceso Wi-Fi de una red de telefonía móvil, con la tarea de mostrar al cliente la calidad y fiabilidad que el acceso provee. De este modo, aumentar las posibilidades de adquisición de dicha solución a la carpeta de servicios de telefonía gestionados por el cliente. Dicho escenario, consistió en una serie de pruebas de alta disponibilidad de servicio, así como pruebas de velocidad de bajada de tráfico UDP.



Capítulo 2

Marco Teórico

El reporte a continuación presentado, se enmarca en el área de Telecomunicaciones, englobando así un pilar fundamental como lo son las Redes de Datos. Por lo cual, es necesario definir los siguientes conceptos:

3G: Tecnología que permite hablar y transmitir datos simultáneamente, alcanza velocidades de transmisión de datos hasta 2 Mb/s utilizando W-CDMA y HSDPA como tecnología de acceso y transmisión.

4G: Tecnología basada en WiMAX o LTE que permite alcanzar velocidades de 100 megabits por segundo en movimiento y 1 gigabit en reposo. Permite realizar y contestar llamadas, así como transmitir datos al mismo tiempo.

5G: Tecnología que permite alcanzar tasas de transmisión de hasta 1 gigabit por segundo. Así mismo, permite una mayor eficiencia espectral, mayor eficacia de la señalización, cobertura mejorada comparada con 4G, permitiendo varios cientos de miles de conexiones simultáneas por antena.

Cloud Computing: Consiste en el suministro de recursos informáticos en línea, desde aplicaciones hasta centros de datos, a través de la red.

Controlador de Acceso Wi-Fi: Elemento de red virtualizado, que permite gestionar el acceso, interacción, comunicación, seguridad y conectividad de un dispositivo móvil con una red móvil a través de un acceso Wi-Fi.

Dispositivo Móvil: Para fines del presente trabajo, definiremos a este dispositivo como cualquier tipo de computadora de tamaño pequeño, con capacidades de procesamiento, conectividad inalámbrica Wi-Fi y memoria capaz de llevar a cabo una o varias funciones generales.

Hipervisor o monitor de máquinas virtuales: Es un software que se conecta directamente con el hardware y permite dividir un sistema en entornos separados. Toman los recursos físicos y los divide de manera tal que los entornos virtuales puedan usarlos. Los recursos se dividen según las necesidades, desde el entorno físico hasta los numerosos entornos virtuales.

Host: Máquina física original equipada con Hipervisor.



Infraestructura como servicio (IaaS): Proporciona recursos informáticos, incluyendo servidores, redes, almacenamiento, espacio en centro de datos, a través de la red.

LTE (Long Term Evolution): Es un estándar de comunicaciones móviles desarrollado por la 3GPP, utilizado para aumentar la velocidad de transmisión de datos, usando diferentes interfaces de radio y mejoras en los equipos de red. Así mismo permite QoS.

Máquinas virtuales (VM): Cada uno de los diferentes entornos separados gestionados por el Hipervisor, el cual proporciona recursos dedicados. Estas VM dependen de la capacidad del hipervisor de separar los recursos de la máquina del hardware y distribuirlos adecuadamente.

OpenStack: Es un software libre y de código abierto de *Cloud Computing* que permite crear infraestructura como servicio, combina herramientas que utilizan conjuntos de recursos virtuales para crear y gestionar nubes privadas y públicas.

Protocolo de comunicación: Es un conjunto de reglas de comunicaciones entre dispositivos conectados. Los protocolos gobiernan el formato, sincronización, secuencia y control de errores.

Punto de acceso (AP): Un punto de acceso es un dispositivo que crea una red de área local inalámbrica (WLAN), se conecta a un router, switch o hub por un cable Ethernet y proyecta una señal Wi-Fi en un área designada.

RADIUS: Es un protocolo de autenticación y autorización para aplicaciones de acceso a la red o movilidad IP. Utiliza el puerto 1812 UDP para establecer sus conexiones.

Red de datos: Podemos definirla como un conjunto de dispositivos con funciones y tareas específicas capaces de comunicarse entre sí usando tecnologías y protocolos de comunicación.

Servidor: Computadoras diseñadas para procesar un gran volumen de tareas específicas.

Servidor AAA: Es un servidor que funge como elemento de seguridad informática, ya que utiliza el protocolo AAA (Autenticación, Autorización y Contabilización). Gestiona la confiabilidad, autenticidad y proporciona datos de posibles costos que genere la conexión de los clientes a la red.

Servidor FTP/UDP: Es un servidor que utiliza un protocolo de transferencia de archivos (FTP) el cual se basa en la arquitectura cliente-servidor, de manera que desde un equipo cliente nos podemos conectar para descargar archivos desde él o para enviarle nuestros propios archivos.

Servidor NTP: Es un servidor que mediante un protocolo de comunicación llamado NTP permite sincronizar los relojes de los sistemas informáticos a través del enrutamiento de paquetes en redes con latencia variable. NTP utiliza UDP como su capa de transporte, usando el puerto 123.



Software como servicio (SaaS): Aplicaciones basadas en Cloud o software como servicio que se ejecutan en sistemas distantes a través de la red.

SSID o Identificador de paquetes de servicio: es el nombre que identifica una red inalámbrica Wi-Fi y el que viaja junto con cada paquete de información de la misma, de forma que pueda ser identificado como parte de ella.

UDP: UDP es un protocolo de comunicación no orientado a conexión. Es decir, el flujo es unidireccional, siendo el destinatario quien recibirá los datos sin enviar una confirmación al emisor. Esto es debido a que la encapsulación de datos enviada por el protocolo UDP no permite transmitir la información relacionada al emisor. Por ello el destinatario no conocerá al emisor de los datos excepto su IP.

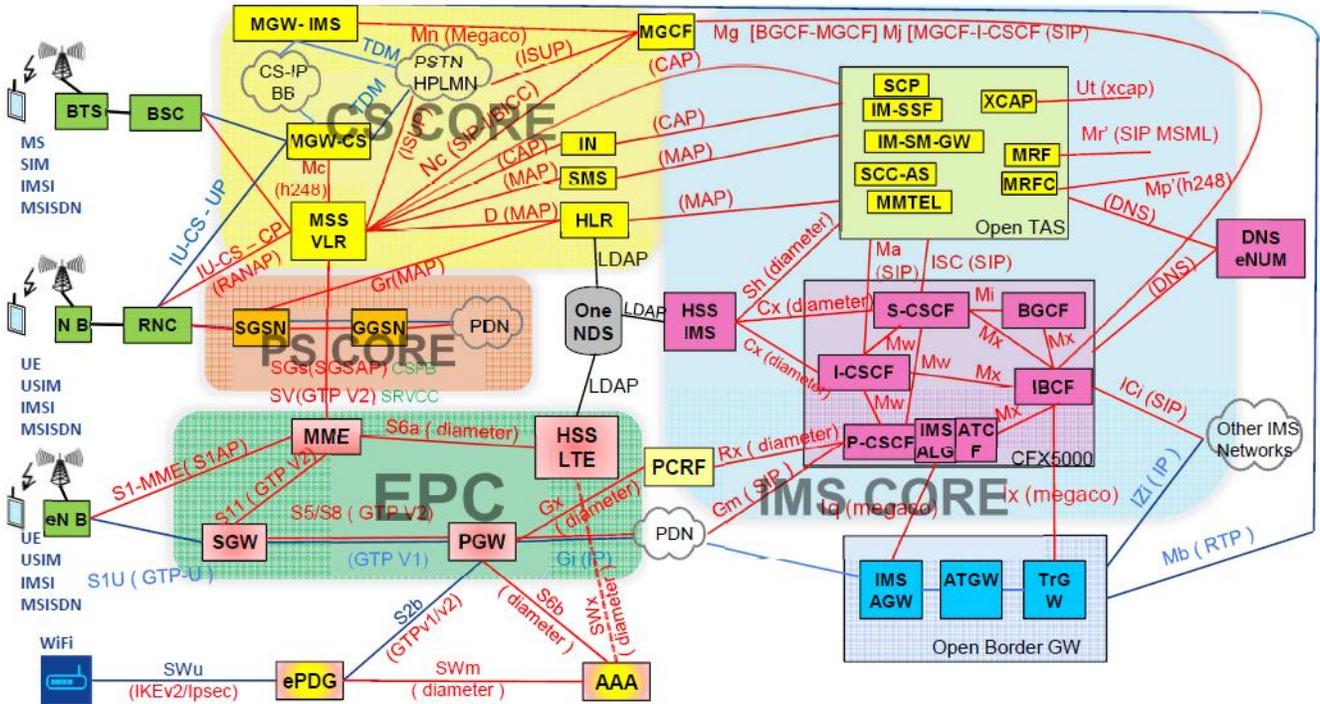
Virtualización: Es una tecnología que permite crear múltiples entornos simulados o recursos dedicados desde un solo sistema de hardware físico.

Virtualización de funciones de red: Separa las funciones clave de una red (como los servicios de directorio, el uso compartido de archivos y la configuración de IP) para distribuirlas en los entornos.

Virtualización de un servidor: Un servidor virtualizado permite que se ejecuten más funciones específicas, lo que implica dividirlo para que los componentes se puedan utilizar para realizar varias funciones.

VoLTE: Voz sobre IP (VoIP) dentro del estándar LTE usado en 4G.

Wi-Fi: Tecnologías de comunicación inalámbrica mediante ondas, también llamada WLAN (Wireless Lan, Red inalámbrica) o estándar IEEE 802.11.



Si bien es claro que un dispositivo móvil puede conectarse a la red de un proveedor de servicios gracias a la existencia de puntos de acceso fijos; es decir, antenas. Existen puntos ciegos o sitios urbanos en donde la señal que dichos elementos irradian, en parte o completamente es nula.

Por tal motivo, se plantea una solución en la que un AP local, el cual puede distribuirse estratégicamente en dichos puntos de difícil acceso; permita, favorezca y complemente la conectividad del cliente. Dicho planteamiento engloba una serie de requerimientos de hardware y software que forman un eslabón más de la red de acceso existente. Para efectos del proyecto realizado, se planteó un escenario muestra, por lo que cabe recalcar que la arquitectura a continuación presentada no representa todos los elementos que una red viva requeriría.

Capítulo 3

Descripción del Proyecto

Debido a que no existía un modelo de pruebas debidamente especificado y delimitado. Se tuvo libertad en su planteamiento, lo que originó en un modelo de arquitectura básica en donde se abarcaron los elementos de red a utilizar. Tanto la distribución física de los equipos como el planteamiento de los distintos Switch y nodos, carecieron de un estudio detallado de topología de conexión, únicamente se contemplaron temas de ruteo ya que se reutilizaron algunos servidores ya instalados y conectados. El diagrama 3.1 describe de forma general dicha arquitectura.

Se contó con un servidor DHCP, el cual participó en el aprovisionamiento de IP versión 4 tanto para el AP como para los dispositivos móviles. Dentro del mismo servidor, se configuró un servicio de NTP para el AP, necesario para su correcto funcionamiento. Por otro lado, el controlador se situó en otro nodo de red seguido de un servidor AAA el cual fungirá como una capa de seguridad, autenticación y contabilización entre la conexión del usuario con el AP y el servicio de internet; en este caso ejemplificado con un servidor FTP/UDP. Por último, cabe hacer mención de una particularidad del AP, ya que tiene la facultad de radiar en dos frecuencias al mismo tiempo: 2.4 GHz y 5.8 GHz.

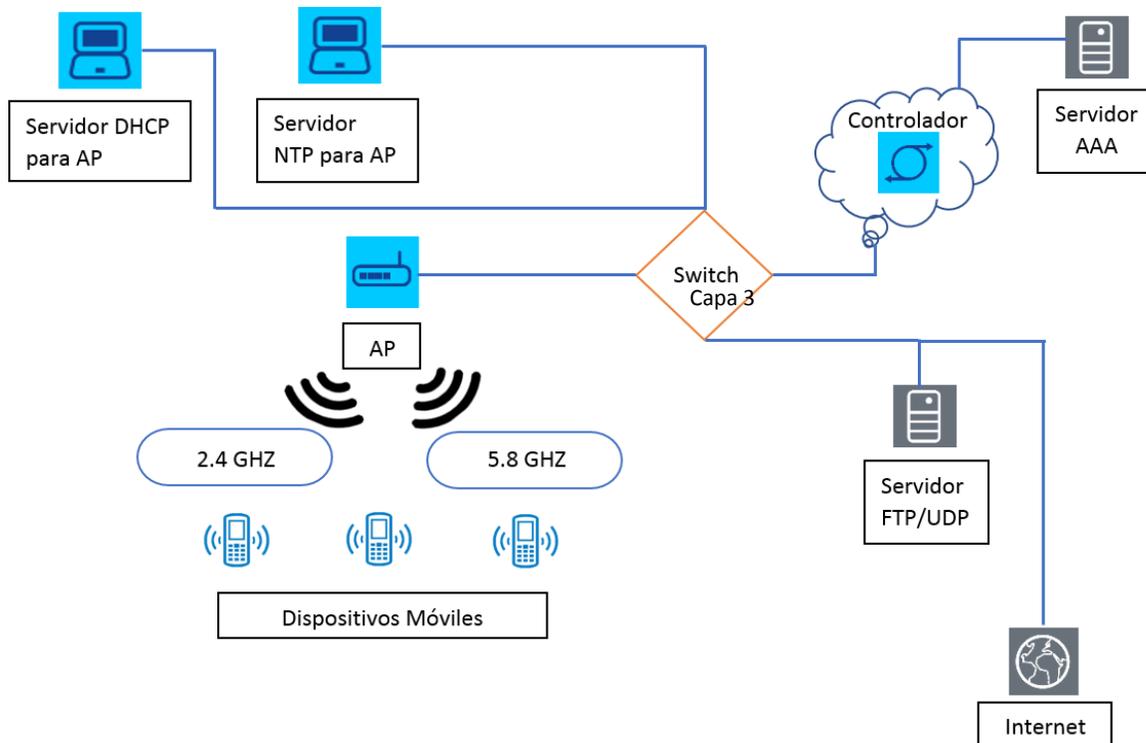


Diagrama 3.1 Arquitectura de Red.



3.1 Metodología del Proyecto

Una vez planteada la arquitectura de red a utilizar, se definieron 5 partes o etapas fundamentales de trabajo:

1. Definición de una tabla de direcciones IP específicas para cada elemento de red ya sea físico o virtualizado. Mismas que se requirieron en la configuración de rutas y puertos en el ToR Switch.
2. Instalación del Controlador de acceso Wi-Fi virtualizado.
3. Instalación y configuración de cada uno de los servidores: FTP/UDP, DHCP, NTP y AAA.
4. Configuración de las gestiones y funcionalidades del controlador.
5. Pruebas de alta disponibilidad del controlador y de tráfico UDP DL hacia los dispositivos móviles.

3.2 Problemas por solucionar

En general, los problemas a solucionar fueron los 5 puntos o etapas antes mencionadas ya que de ellas emanaron ciertas complicaciones. Una ventaja fue que no se tenían que trabajar los 7 puntos de manera paralela, ya que cada paso tuvo una dependencia inmediata anterior.

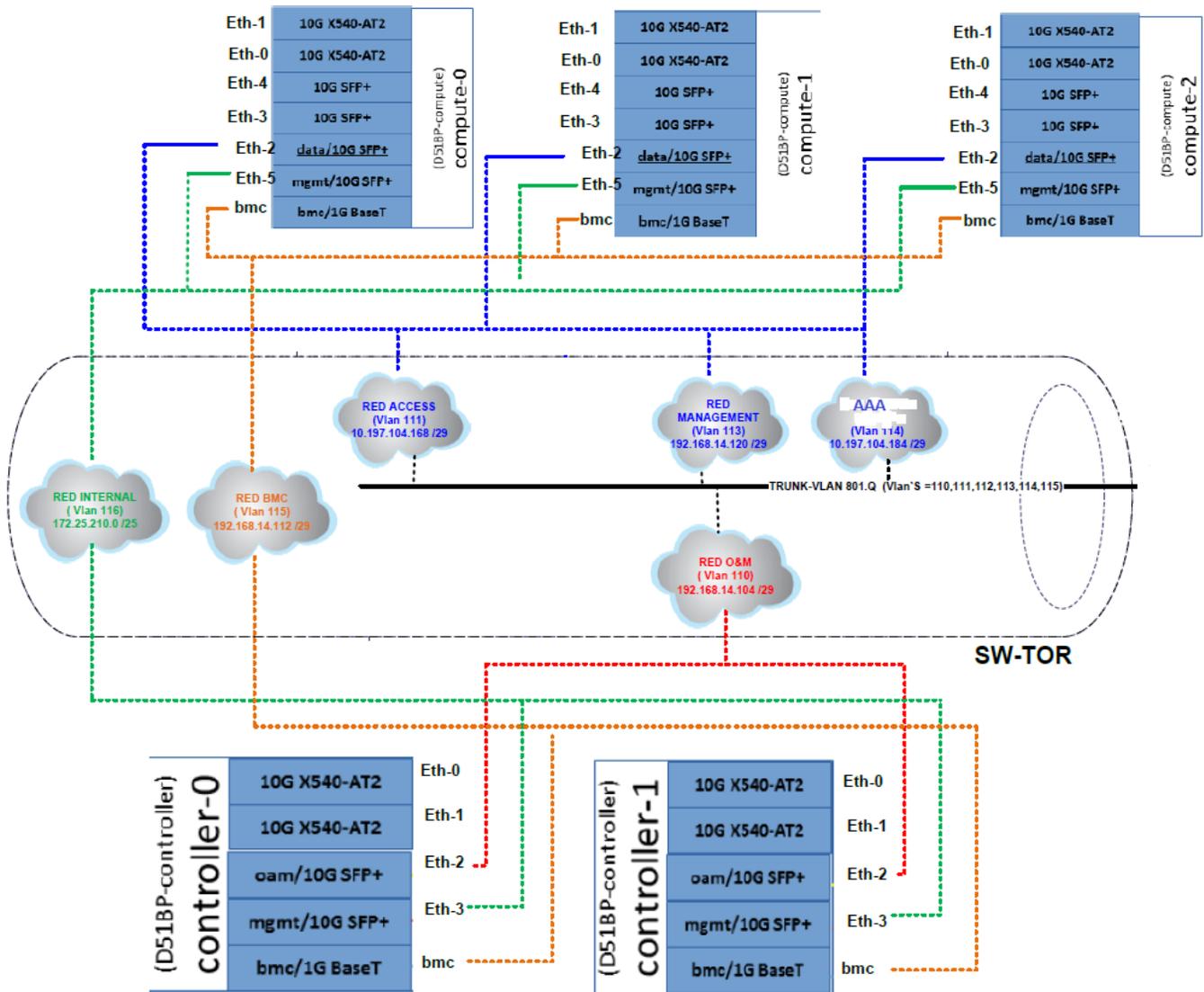
Inicialmente fue necesario elaborar un diagrama de red del controlador, ya que su composición desde el punto de vista de hardware requirió de una configuración 1+2+3 (Alta disponibilidad): 1 ToR Switch, 2 nodos de controlador y 3 nodos de cómputo. En dicha configuración, existen 2 nodos de controlador ya que uno estará disponible y otro en modo espera hasta que el disponible falle. Dentro de los 3 nodos de cómputo, yacen principalmente máquinas virtuales (VM), las cuales representan cada una de las distintas funcionalidades que permiten crear la entidad del controlador. Así mismo, debido a que el controlador representa una entidad virtualizada sobre infraestructura Cloud, se necesitó habilitar redes internas, las cuales tienen una función específica, cada ruta a su vez es configurada dentro del Switch, siendo cada función de red organizada dentro de una Vlan.

- Red de Acceso
Engloba las direcciones de red de los elementos que, dentro de sus funciones principales, hacen posible el direccionamiento de tráfico.
- Red de Gestión
Engloba las direcciones de red de cada elemento dedicadas a gestión y configuración de alguna de sus funcionalidades.
- Red Operación y Mantenimiento (OAM).
Engloba las direcciones de red de cada elemento dedicado a recuperar información de funcionamiento de cada elemento de red tanto físico como virtual.
- Red de Comunicación Interna
Engloba todas las direcciones de red de comunicación interna entre funcionalidades específicas de cada elemento de red virtualizado.



- Red BMC (*Baseboard Management Controller*)
Engloba las direcciones de red de cada nodo o *blade*. Esto es, de cada uno de los 6 elementos de hardware principales del controlador. Las cuales gestionan la interfaz entre el software administrador del sistema y el hardware plataforma.
- Red Autenticación, Autorización y Cobranza (AAA).
En este diseño, dicha red representa la dirección de comunicación con el servidor AAA para manejo de usuario.

Cada uno de los distintos nodos de cómputo y de controlador tienen configurados puertos dedicados a funcionalidades específicas, del lado de los nodos de cómputo, tenemos interfaces de red internas y externas. Dentro del diagrama 3.2 se puede observar que las interfaces Eth-0 a Eth4 pertenecen al grupo de interfaces internas; así mismo, del lado de los nodos del controlador, podemos observar que las interfaces Eth-0 y Eth-1 constituyen interfaces internas. La topología resultante mostrada en el diagrama 3.2, cumple con un estándar impuesto por la compañía, siendo la justificación de dicho estándar de carácter confidencial.



El diagrama 3.2. Topología de Conexión



Capítulo 4

Resultados y Análisis

4.1 Marco de referencia.

Para comprender de manera puntual las características de las pruebas a realizar y los elementos involucrados, comenzaremos por describir el flujo de comunicación obtenido:

1. Se tiene uno o varios equipos móviles (usuarios) solicitando conectarse a la red vía Wi-Fi dentro de dos posibles SSID: AMX2.4 (2.4 GHz) o AMX5 (5.8 GHz), mismas que son radiadas por el AP.
2. El AP a su vez, recibe dicha solicitud, realiza un protocolo básico de autenticación y otorga una IP del pool de IP's provisto por el servidor DHCP.
3. Una vez completado éste proceso, el controlador envía una solicitud de servicio AAA al servidor. Por lo cual, una vez corroborado ciertos filtros de seguridad y autenticación, se otorga el permiso al usuario para acceder a la red.
4. Una vez otorgado el permiso, el usuario esta ahora conectado y listo para recibir tráfico. En este paso, ya se tendría conectividad. Sin embargo, para efectos del escenario plateado, se ejemplificó dicha conectividad por medio de un servidor FTP/UDP que enviará tráfico a los usuarios.

Las terminales o equipos móviles utilizados para la prueba comparten características de software con diferencias en el hardware. Dichas diferencias, se verán reflejadas en un desempeño desigual a lo largo de las pruebas, aunque el escenario fue el mismo.

4.2 Solución y Resultados de la Parte 1 del Proyecto.

Para la definición de la tabla de direcciones IP de cada red se necesitó del conocimiento del número de elementos que cada red involucra. Una ventaja de programación consistió en la previa definición de la red interna dentro del archivo de configuración del producto, por lo que únicamente se necesitó correr un script previamente configurado en la licencia de producto que nos fue otorgada. Para la realización de este procedimiento de instalación, se necesitó de un Servidor de Autoconfiguración, el cual precisamente tiene como función específica la de llevar a cabo configuraciones de equipo iniciales (*default*). Es dentro de dicho servidor que es posible correr el *script* de configuración de red interna. La definición de la tabla de direcciones IP fue la siguiente:



Red de OAM	Vlan	Equipo	Máscara
192.168.14.168	110	subnet	/29
192.168.14.169	110	ToR Switch	/29
192.168.14.170	110	NCIR	/29
192.168.14.171	110	Controlador Nodo 0	/29
192.168.14.172	110	Controlador Nodo 1	/29
192.168.14.173	110	Acceso PC	/29
192.168.14.174	110	Servidor de Autoconfiguración	/29
192.168.14.175	110	broadcast	/29
Red de Acceso			
10.197.104.192	111	subnet	/29
10.197.104.193	111	ToR Switch	/29
10.197.104.194	111	Controlador	/29
10.197.104.195	111	LB-0	/29
10.197.104.196	111	LB-1	/29
10.197.104.197	111	Libre	/29
10.197.104.198	111	Libre	/29
10.197.104.199	111	broadcast	/29
Red de Gestión			
192.168.14.240	113	subnet	/29
192.168.14.241	113	ToR Switch	/29
192.168.14.242	113	Controlador	/29
192.168.14.243	113	UI-0	/29
192.168.14.244	113	UI-1	/29
192.168.14.245	113	Libre	/29
192.168.14.246	113	Libre	/29
192.168.14.247	113	broadcast	/29
Red de AAA			
10.197.104.200	114	subnet	/29
10.197.104.201	114	ToR Switch	/29
10.197.104.202	114	AAA	/29
10.197.104.203	114	Libre	/29
10.197.104.204	114	Libre	/29
10.197.104.205	114	Libre	/29
10.197.104.206	114	Libre	/29
10.197.104.207	114	broadcast	/29
Red de BMC			
10.197.104.208	115	subnet	/29
10.197.104.209	115	ToR Switch	/29
10.197.104.210	115	Computo-0 - BMC	/29
10.197.104.211	115	Computo-1 - BMC	/29
10.197.104.212	115	Computo-2 - BMC	/29



10.197.104.213	115	Controlador-0 - BMC	/29
10.197.104.214	115	Controlador-1 - BMC	/29
10.197.104.215	115	broadcast	/29

Tabla 3.1 Direccionamiento IP

Por último, se planificó una red de usuario, la cual contempló ciertos requerimientos técnicos debido a la necesidad de que los elementos externos al controlador, se comunicasen de manera eficiente. Dichos elementos fueron los siguientes:

1. Servidor DHCP
2. Servidor NTP
3. AP Wi-Fi
4. *Pool* de direcciones de usuario
5. ToR Switch
6. Switch Auxiliar
7. Servidor FTP/UDP

Gracias a la existencia de un Servidor FTP/UDP previamente configurado, se aprovechó la conexión física existente. Por lo cual, se definió una ruta específica en el ToR Switch hacia el Switch Auxiliar desde donde estaba conectado el Servidor FTP/UDP.

Red Usuario	Vlan	Equipo	Máscara
192.168.99.0	501	subnet	/28
192.168.99.1	501	ToR Switch	/28
192.168.99.2	501	Switch Aux	/28
192.168.99.3	501	AP Wi-Fi	/28
192.168.99.4	501	Pool	/28
192.168.99.5	501	Pool	/28
192.168.99.6	501	Pool	/28
192.168.99.7	501	Pool	/28
192.168.99.8	501	Pool	/28
192.168.99.9	501	Pool	/28
192.168.99.10	501	Pool	/28
192.168.99.11	501	Pool	/28
192.168.99.12	501	Pool	/28
192.168.99.13	501	Pool	/28
192.168.99.14	501	DHCP & NTP server	/28
192.168.99.15	501	broadcast	/28

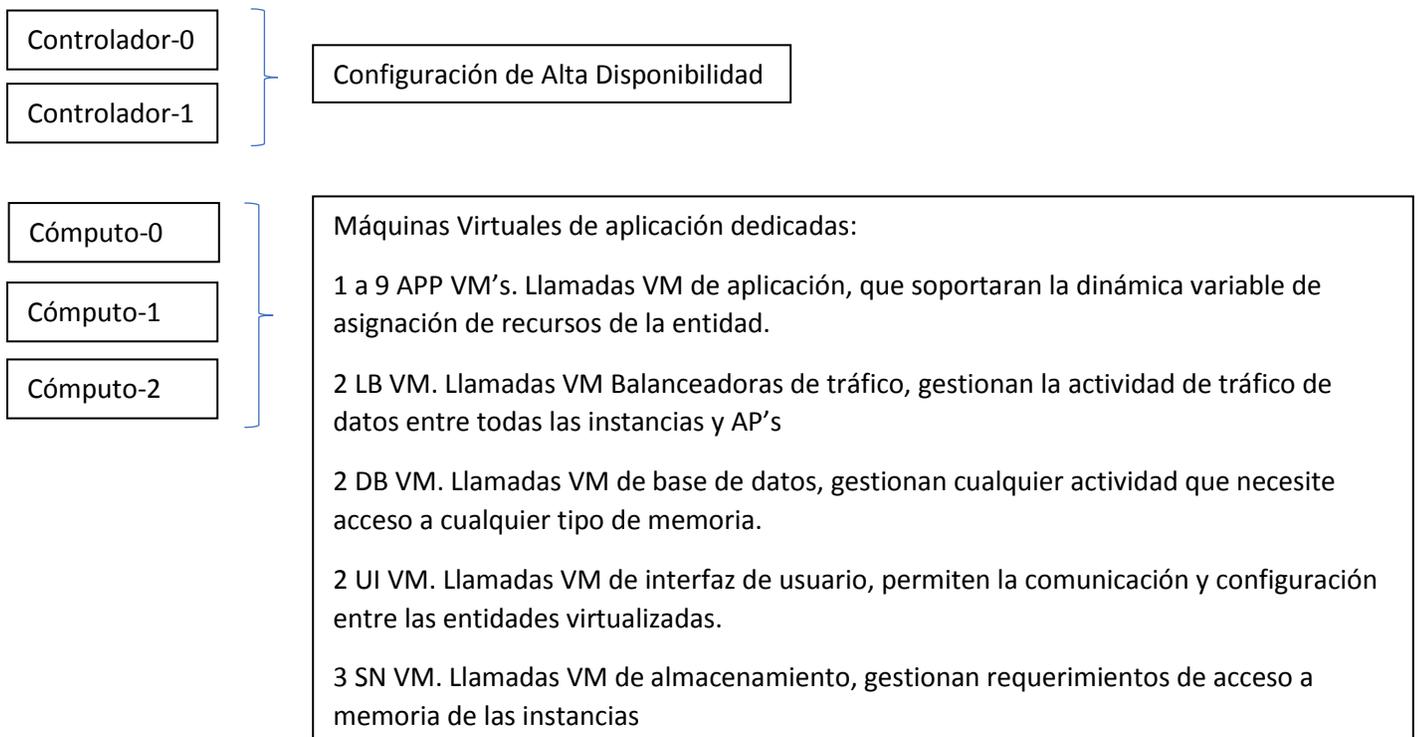
Tabla 3.2. Red de Usuario



4.3 Solución y Resultados Parte 2 del Proyecto.

Debido a la confidencialidad del producto, para efectos del presente reporte se abarcarán los rubros más representativos de la Instalación del Controlador de acceso Wi-Fi.

Una característica fundamental del controlador es la infraestructura Cloud sobre la cual fue montado, cada una de sus funcionalidades, interfaces y redes yacen virtualizadas dentro de 5 *blades* o nodos, mismos que en su conjunto integran un servidor dedicado con la siguiente composición: 2 nodos de control (un nodo activo y otro en modo espera), dicha configuración permite cumplir con las especificaciones de alta disponibilidad del equipo. Así mismo, en dichos nodos se encuentra la plataforma de comunicación de la aplicación; esto es, la interfaz de usuario sobre la cual podremos configurar los parámetros propios del escenario de pruebas, objeto del presente trabajo. Por último, tenemos 3 nodos de cómputo, los cuales albergan cada uno de los grupos de máquinas virtuales (VM) con función específica dentro del desempeño del equipo.





En una primera instancia, el proceso de instalación se vale de software propietario basado en *OpenStack* para la creación de infraestructura como servicio. Del mismo modo, dicho software se complementa con un Hipervisor KVM, completando así la solución de virtualización sobre la cual se montará la aplicación. En este caso, un controlador de acceso Wi-Fi.

Para la instalación de la aplicación se requirió de la previa configuración de una serie de archivos que contendrían toda la información técnica de direcciones de red, espacio de almacenamiento y demás características. Dichos archivos, son tomados por el software propietario para la creación de la aplicación virtualizada.

4.4 Solución y Resultados Parte 3 del Proyecto.

Debido a la necesidad de la sincronía del controlador con funcionalidades externas, se contempló un escenario de comunicación con diversos servidores que garantizarían el servicio de cada una de las funcionalidades requeridas. Desde el punto de vista de hardware, se utilizaron servidores propietarios del mismo segmento utilizados para el controlador, los cuales tuvieron una previa instalación de sistema operativo Linux CentOS versión 6.8 y 7.0 de distribución libre.

Una vez instalado el software, se necesitó de la instalación de las paqueterías correspondientes para la versión de software elegida. Todas y cada una de ellas distribuidas por Linux. Las paqueterías para cada aplicación usadas fueron:

- Servidor DHCP → `dhcp-4.1.1-53.P1.el6.centos.x86_64`
- Servidor FTP/UDP → `vsftpd-2.2.2-24.el6.x86_64`
- Servidor NTP → `ntp-4.2.6p5-10.el6.centos.2.src`
- Servidor AAA → `freeradius-2.2.6-6.el6_7.x86_64`

Físicamente el servicio DHCP y NTP son provistos por una interfaz de un mismo servidor. Así mismo, el servicio AAA y FTP/UDP constituyen servidores independientes. El servicio AAA utilizado, fue realizado por la plataforma *FreeRadius*, un software con funcionalidades propias de la aplicación descrita, de distribución libre y montado sobre Linux CentOS 7.0.

4.5 Solución y Resultados Parte 4 del Proyecto.

El controlador provee una interfaz de usuario bajo protocolo HTTP, con la cual es posible conocer el estado del sistema y configurar la calidad y desempeño de las funcionalidades brindadas. De forma general, las configuraciones fueron las siguientes:

1. Dar de alta el modelo del AP propietario a utilizar, mismo que permitiría al controlador conocer sus capacidades técnicas de funcionamiento. Siendo la posibilidad de irradiar frecuencias de 2.4 y 5.8, una de sus principales características; además de soportar todos los protocolos de Wi-Fi IEEE 802.11: 802.11a/ac/b/d/g/n. Cabe destacar que el AP demandó de 3 configuraciones internas,



en donde se habilitó el modo dinámico de asignación de VLAN por medio del servidor DHCP, la asignación de la Ip perteneciente al servidor NTP y por último, la asignación de la IP del controlador.

2. En un típico sistema de Wi-Fi, cientos de AP están conectados a un controlador, por lo que tendrán que ser gestionados de manera efectiva. A medida que aumenta la cantidad de AP, la administración a nivel individual se torna compleja. Para abordar esto, se introducen los conceptos de zonas y grupos. Una vez dado de alta el AP, se añade como parte de una zona o grupo. Una zona es una agrupación lógica de AP que comparten una configuración común. Por lo cual, en un ambiente de red viva, cada zona formará parte de múltiples grupos provistos a lo largo de una zona geográfica. Dentro de la definición de cada zona se pueden configurar diversos parámetros técnicos como selección de frecuencias de radiación (2.4Ghz, 5.8Ghz o ambas), protocolos Wi-Fi soportados, niveles y protocolos de seguridad, parámetros de radiocomunicación, entre otros.
3. Configurar el servicio AAA en el controlador, tomando en cuenta que los parámetros de comunicación están dados por default, únicamente se requirió de habilitar la interfaz de comunicación hacia la IP destino del servidor AAA.

Un elemento interesante dentro de la configuración de la zona fue la posibilidad de modificar parámetros de comunicación de cada frecuencia de radiación. La siguiente tabla muestra el listado de cada uno de ellos.

Parámetro	Descripción	Valor/Rango
2.4Ghz		
Ancho de Banda	Este parámetro especifica el ancho de banda asignado a los AP de una zona específica.	<ul style="list-style-type: none">• 20MHz (<i>Default</i>)• 40MHz
Número de canal	Este parámetro especifica el número de canal asignado a los AP de una zona específica.	<ul style="list-style-type: none">• Automático• 1 a 14
5.8Ghz		
Ancho de Banda	Este parámetro especifica el ancho de banda asignado a los AP de una zona específica.	<ul style="list-style-type: none">• 20 MHz (<i>Default</i>)• 40 MHz• 80 MHz• 160 MHz• 80+80 MHz
Número de canal	Este parámetro especifica el número de canal asignado a los AP de una zona específica.	<ul style="list-style-type: none">• Auto• Auto_without_5150-5250MHz• Auto_without_5250-5350MHz• Auto_without_5470-5725MHz• Auto_without_5250



		<p>-5725MHz</p> <ul style="list-style-type: none">• Auto_without_5725 <p>-5850MHz</p> <ul style="list-style-type: none">• 36(5180)• 40(5200)• 44(5220)• 48(5240)• 52(5260)• 56(5280)• 60(5300)• 64(5320)• 100(5500)• 104(5520)• 108(5540)• 112(5560)• 116(5580)• 120(5600)• 124(5620)• 128(5640)• 132(5660)• 136(5680)• 140(5700)• 149(5745)• 153(5765)• 157(5785)• 161(5805)• 165(5825)
--	--	---

Tabla 3.3. Parámetros de zona

Cabe destacar un elemento técnico importante, los parámetros antes mencionados tienen una dependencia directa con los parámetros de conectividad de los dispositivos móviles que intenten conectarse. De tal manera que, aunque en el controlador se configure la zona a una frecuencia de 5.8 GHz con un ancho de banda de 80 MHz, si el dispositivo no soporta comunicación a este ancho de banda, el controlador aceptará la comunicación al máximo ancho de banda que el dispositivo soporte y no el que el controlador especifica.

4.6 Solución y Resultados Parte 5 del Proyecto.

Como parte de esta etapa del proyecto, dividiremos en 2 partes las pruebas de funcionamiento:

1. Pruebas de alta disponibilidad del controlador.
2. Pruebas de tráfico UDP DL hacia los dispositivos móviles.

Dentro de dichas pruebas los, dispositivos móviles son conectados a las dos diferentes SSID que corresponden a las 2 frecuencias de radiación soportadas: AMX2.4→2.4GHz y AMX5→5.8GHz.

Pruebas de Alta Disponibilidad: Recuperación de un nodo del Controlador.

Con dicha prueba se pretendía corroborar la permanencia del servicio de intercambio de datos ante la falla de un nodo de Controlador.

Para este caso, se simuló la falla del nodo activo del controlador mediante un reinicio manual del mismo, por lo que el nodo en modo espera tendrá que pasar a modo activo. De este modo se verifica que no existan interrupciones en el servicio.

Dentro de la interfaz del controlador, podemos percatarnos de la existencia de una conexión activa de un dispositivo móvil en la SSID de 5.8Ghz.

STA MAC	STA IP	AP MAC	SSID	Connected at	Session status	Connected device capability
8C:F5:A3:A7:AB:BF	192.168.99.8	d8:ef:cd:5d:cf:c0	AMX5	12-01-2018 11:03:44	ACTIVE	802.11ac:5GHz:80\VHT

Imagen 3.1. Conexión de un Dispositivo móvil en 5.8GHz.

Así mismo, en la interfaz del controlador se muestra la configuración de los nodos del controlador antes de llevar a cabo el reinicio del nodo.

controller-0	Controller-Active	Unlocked	Enabled	Available
controller-1	Controller-Standby	Unlocked	Enabled	Available

Imagen 3.2. Configuración nodos del controlador antes de prueba.

Dentro del servidor FTP/UDP se envía tráfico UDP hacia la IP del dispositivo móvil conectado, dentro del marco de un puerto, tasa y velocidad específicos; los cuales simulan un ambiente de tráfico estándar o habitual.

```
[root@Airframe2U ~]# iperf -u -c 192.168.99.8 -p 5001 -i 1 -b 400m -t 2000
-----
Client connecting to 192.168.99.8, UDP port 5001
Sending 1470 byte datagrams
UDP buffer size: 122 KByte (default)
-----
[ 3] local 10.196.154.60 port 57041 connected with 192.168.99.8 port 5001
[ ID] Interval      Transfer      Bandwidth
[ 3] 0.0- 1.0 sec  48.3 MBytes  405 Mbits/sec
[ 3] 1.0- 2.0 sec  48.3 MBytes  406 Mbits/sec
[ 3] 2.0- 3.0 sec  48.3 MBytes  406 Mbits/sec
[ 3] 3.0- 4.0 sec  48.3 MBytes  406 Mbits/sec
[ 3] 4.0- 5.0 sec  48.3 MBytes  406 Mbits/sec
[ 3] 5.0- 6.0 sec  48.3 MBytes  406 Mbits/sec
[ 3] 6.0- 7.0 sec  48.3 MBytes  406 Mbits/sec
[ 3] 7.0- 8.0 sec  48.3 MBytes  406 Mbits/sec
[ 3] 8.0- 9.0 sec  48.3 MBytes  406 Mbits/sec
[ 3] 9.0-10.0 sec  48.3 MBytes  406 Mbits/sec
[ 3] 10.0-11.0 sec 48.3 MBytes  406 Mbits/sec
[ 3] 11.0-12.0 sec 48.3 MBytes  406 Mbits/sec
[ 3] 12.0-13.0 sec 48.3 MBytes  405 Mbits/sec
[ 3] 13.0-14.0 sec 48.3 MBytes  406 Mbits/sec
[ 3] 14.0-15.0 sec 48.3 MBytes  405 Mbits/sec
[ 3] 15.0-16.0 sec 48.3 MBytes  406 Mbits/sec
[ 3] 16.0-17.0 sec 48.3 MBytes  405 Mbits/sec
```

Imagen 3.3. Trafico UDP enviado desde servidor FTP/UDP.

A continuación, se procede a reiniciar el nodo 0 activo del controlador de modo manual, dentro de la interfaz de gestión del controlador.

```
[root@controller-0 ~(keystone_admin)]# reboot
The system is going down for reboot NOW! (pts/0) (Fri Jan 12 22:58:37 2018):
```

Imagen 3.4. Reinicio del nodo activo del controlador.

Podemos notar como inmediatamente existe un cambio de rol dentro del estado de los nodos, el nodo en modo espera ahora pasa a ser el nodo activo.

controller-1	Controller-Active	Unlocked	Enabled	Available
controller-0	Controller-Standby	Unlocked	Disabled	Offline

Imagen 3.5. Cambio de estado, nodos del controlador.

Después de unos minutos, el nodo del controlador reiniciado vuelve a estar disponible.

controller-1	Controller-Active	Unlocked	Enabled	Available
controller-0	Controller-Standby	Unlocked	Enabled	Available

Imagen 3.6. Recuperación del nodo del controlador reiniciado.

En la siguiente imagen se puede apreciar que, aunque hubo un cambio de rol en los nodos del controlador, el servicio se mantuvo. Por lo que el dispositivo móvil no dejó de recibir información.

```
Act. Interface: wlan0 ipaddr: 192.168.99.8
SM-G935F (universal8890) [ARM]
WLAN: UnknownSM-G935F (universal8890)
[ARM]
WLAN: Unknown

iperf -s -u -i 1

[ 3] 63.0-64.0 sec 48.1 MBytes 403 Mbits/sec 0.029
ms 185/34491 (0.54%)
[ 3] 64.0-65.0 sec 47.5 MBytes 399 Mbits/sec 0.069
ms 583/34471 (1.7%)
[ 3] 65.0-66.0 sec 48.1 MBytes 404 Mbits/sec 0.031
ms 160/34500 (0.46%)
[ 3] 66.0-67.0 sec 47.7 MBytes 400 Mbits/sec 0.029
ms 464/34456 (1.3%)
[ 3] 67.0-68.0 sec 47.3 MBytes 397 Mbits/sec 0.032
ms 692/34450 (2%)
[ 3] 68.0-69.0 sec 47.9 MBytes 402 Mbits/sec 0.029
ms 391/34534 (1.1%)
[ 3] 69.0-70.0 sec 47.6 MBytes 399 Mbits/sec 0.029
ms 553/34475 (1.6%)
[ 3] 70.0-71.0 sec 48.1 MBytes 403 Mbits/sec 0.042
ms 180/34457 (0.52%)
[ 3] 71.0-72.0 sec 47.8 MBytes 401 Mbits/sec 0.033
ms 399/34520 (1.2%)
[ 3] 72.0-73.0 sec 47.7 MBytes 400 Mbits/sec 0.031
ms 452/34489 (1.3%)
[ 3] 73.0-74.0 sec 47.6 MBytes 399 Mbits/sec 0.031
ms 505/34476 (1.5%)
[ 3] 74.0-75.0 sec 48.2 MBytes 404 Mbits/sec 0.042
ms 69/34454 (0.2%)
[ 3] 75.0-76.0 sec 47.6 MBytes 400 Mbits/sec 0.032
```

Imagen 3.7. Trafico recibido en el dispositivo móvil.



Pruebas de Alta Disponibilidad: Reinicio de un nodo de cómputo

Con dicha prueba se pretendía corroborar la permanencia del servicio de intercambio de datos ante la falla de un nodo de computo del controlador.

Para este caso, se simuló la falla de un nodo de computo del controlador mediante un reinicio manual del mismo. De este modo se verifica que no existan interrupciones en el servicio.

Dentro de la interfaz del controlador, podemos percatarnos de la existencia de una conexión activa de un dispositivo móvil en la SSID de 5.8Ghz.

STA MAC	STA IP	AP MAC	SSID	Connected at	Session status	Connected device capability
8C:F5:A3:A7:AB:BF	192.168.99.8	d8:ef:cd:5d:cf:c0	AMX5	12-01-2018 11:03:44	ACTIVE	802.11ac:5GHz:80VHT

Imagen 3.8. Conexión de un Dispositivo móvil en 5.8GHz.

Dentro de la interfaz del controlador podemos encontrar la configuración de los nodos de cómputo antes de llevar a cabo el reinicio del nodo. En este caso, se eligió aleatoriamente el nodo 1.

compute-0	Compute	Unlocked	Enabled	Available
compute-1	Compute	Unlocked	Enabled	Available
compute-2	Compute	Unlocked	Enabled	Available

Imagen 3.9. Configuración nodos de computo antes de prueba.



Dentro del servidor FTP/UDP se envía tráfico UDP hacia la IP del dispositivo móvil conectado, dentro del marco de un puerto, tasa y velocidad específicos; los cuales simulan un ambiente de tráfico estándar o habitual.

```
[root@Airframe2U ~]# iperf -u -c 192.168.99.8 -p 5001 -i 1 -b 400m -t 2000
-----
Client connecting to 192.168.99.8, UDP port 5001
Sending 1470 byte datagrams
UDP buffer size: 122 KByte (default)
-----
[ 3] local 10.196.154.60 port 57041 connected with 192.168.99.8 port 5001
[ ID] Interval      Transfer      Bandwidth
[ 3] 0.0- 1.0 sec  48.3 MBytes  405 Mbits/sec
[ 3] 1.0- 2.0 sec  48.3 MBytes  406 Mbits/sec
[ 3] 2.0- 3.0 sec  48.3 MBytes  406 Mbits/sec
[ 3] 3.0- 4.0 sec  48.3 MBytes  406 Mbits/sec
[ 3] 4.0- 5.0 sec  48.3 MBytes  406 Mbits/sec
[ 3] 5.0- 6.0 sec  48.3 MBytes  406 Mbits/sec
[ 3] 6.0- 7.0 sec  48.3 MBytes  406 Mbits/sec
[ 3] 7.0- 8.0 sec  48.3 MBytes  406 Mbits/sec
[ 3] 8.0- 9.0 sec  48.3 MBytes  406 Mbits/sec
[ 3] 9.0-10.0 sec  48.3 MBytes  406 Mbits/sec
[ 3] 10.0-11.0 sec 48.3 MBytes  406 Mbits/sec
[ 3] 11.0-12.0 sec 48.3 MBytes  406 Mbits/sec
[ 3] 12.0-13.0 sec 48.3 MBytes  405 Mbits/sec
[ 3] 13.0-14.0 sec 48.3 MBytes  406 Mbits/sec
[ 3] 14.0-15.0 sec 48.3 MBytes  405 Mbits/sec
[ 3] 15.0-16.0 sec 48.3 MBytes  406 Mbits/sec
[ 3] 16.0-17.0 sec 48.3 MBytes  405 Mbits/sec
```

Imagen 3.10. Trafico UDP enviado desde servidor FTP/UDP.

A continuación, se procede a reiniciar el nodo de computo 1 del controlador de forma manual, dentro de la interfaz de gestión del controlador.

```
[root@compute-1 ~(keystone_admin)]# reboot  
Broadcast message from root@compute-1 (pts/5) (Fri Jan 12 23:32:31 2018):  
The system is going down for reboot NOW!
```

Imagen 3.11. Reinicio del nodo de computo 1 del controlador

Podemos notar como inmediatamente el nodo 1 entra en modo “fuera de línea”. Por lo que el sistema se quedará sin uno de sus nodos de cómputo por unos minutos.

compute-0	Compute	Unlocked	Enabled	Available
compute-1	Compute	Unlocked	Disabled	Offline
compute-2	Compute	Unlocked	Enabled	Available

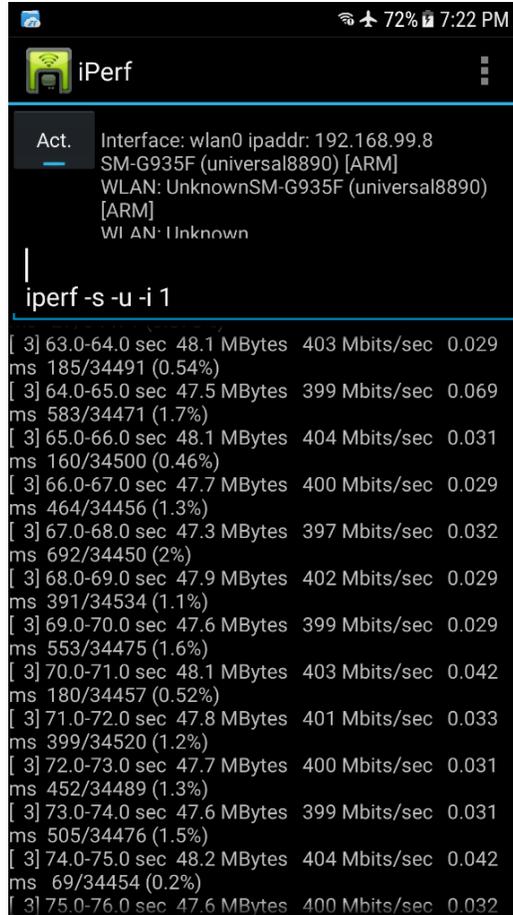
Imagen 3.12. Nodo de computo 1 cambia su estado a “fuera de línea”.

Después de unos minutos, el nodo de computo 1 reiniciado, vuelve a estar disponible.

compute-0	Compute	Unlocked	Enabled	Available
compute-1	Compute	Unlocked	Enabled	Available
compute-2	Compute	Unlocked	Enabled	Available

Imagen 3.13. Recuperación del nodo de computo 1 del controlador.

En la siguiente imagen se puede apreciar que, aunque el sistema se quedó sin el nodo de computo 1 disponible, el servicio se mantuvo. Por lo que el dispositivo móvil no dejó de recibir información.



```
Act. Interface: wlan0 ipaddr: 192.168.99.8
SM-G935F (universal8890) [ARM]
WLAN: UnknownSM-G935F (universal8890)
[ARM]
WLAN: Unknown

iperf -s -u -i 1
[ 3] 63.0-64.0 sec 48.1 MBytes 403 Mbits/sec 0.029
ms 185/34491 (0.54%)
[ 3] 64.0-65.0 sec 47.5 MBytes 399 Mbits/sec 0.069
ms 583/34471 (1.7%)
[ 3] 65.0-66.0 sec 48.1 MBytes 404 Mbits/sec 0.031
ms 160/34500 (0.46%)
[ 3] 66.0-67.0 sec 47.7 MBytes 400 Mbits/sec 0.029
ms 464/34456 (1.3%)
[ 3] 67.0-68.0 sec 47.3 MBytes 397 Mbits/sec 0.032
ms 692/34450 (2%)
[ 3] 68.0-69.0 sec 47.9 MBytes 402 Mbits/sec 0.029
ms 391/34534 (1.1%)
[ 3] 69.0-70.0 sec 47.6 MBytes 399 Mbits/sec 0.029
ms 553/34475 (1.6%)
[ 3] 70.0-71.0 sec 48.1 MBytes 403 Mbits/sec 0.042
ms 180/34457 (0.52%)
[ 3] 71.0-72.0 sec 47.8 MBytes 401 Mbits/sec 0.033
ms 399/34520 (1.2%)
[ 3] 72.0-73.0 sec 47.7 MBytes 400 Mbits/sec 0.031
ms 452/34489 (1.3%)
[ 3] 73.0-74.0 sec 47.6 MBytes 399 Mbits/sec 0.031
ms 505/34476 (1.5%)
[ 3] 74.0-75.0 sec 48.2 MBytes 404 Mbits/sec 0.042
ms 69/34454 (0.2%)
[ 3] 75.0-76.0 sec 47.6 MBytes 400 Mbits/sec 0.032
```

Imagen 3.14. Trafico recibido en el dispositivo móvil.

Con los resultados de las dos pruebas anteriores, se corrobora el servicio de alta disponibilidad del controlador y con ello, su gran fiabilidad de servicio. Cabe destacar que las pruebas de alta disponibilidad ante la posible falla de una VM yacen intrínsecas a la prueba de reinicio de un nodo de computo, ya que como se mencionó anteriormente, dentro de los 3 nodos de computo existe redundancia de comunicación entre las diferentes VM que coexisten dentro de los 3 nodos.



Pruebas de tráfico UDP DL

Para el mejor entendimiento de las siguientes pruebas realizadas, hágase constar que las pruebas realizado con un solo usuario se refiere a que en el desarrollo de la prueba solo existió un dispositivo conectado a la vez, aunque la prueba incluyó 3 modelos distintos de dispositivos móviles. Así mismo, cuando se habla de múltiples dispositivos, la prueba se realizó con los 3 modelos de dispositivo conectados al mismo tiempo.

Prueba tráfico UDP DL 1. Rendimiento de tráfico UDP DL de un solo usuario conectado a 40 MHz dentro de 2.4 GHz

El propósito de la siguiente prueba es mostrar en rendimiento del tráfico de bajada de un solo usuario.

Dispositivo móvil	Sony Xperia ZX	Samsung Galaxy S7	Samsung Galaxy S8+
STA MAC	84-C7-EA-84-E9-D1	8C-F5-A3-A1-AF-AB	B0-72-BF-D3-36-E9
Capacidad de conexión del dispositivo	802.11n:2.4GHz:20:HT	802.11n:2.4GHz:20:HT	802.11n:2.4GHz:20:HT
Velocidad alcanzada (kbps)	108,648	53,225	118,541
Pico de velocidad alcanzada (kbps)	108,648	54,105	118,541

Tabla3.4. Resultados prueba tráfico UDP DL 1.

A continuación, podemos notar que los 3 dispositivos móviles están conectados al Wi-Fi AP en 20 MHz HT, incluso cuando el parámetro configurado en el sistema es de 40 MHz.

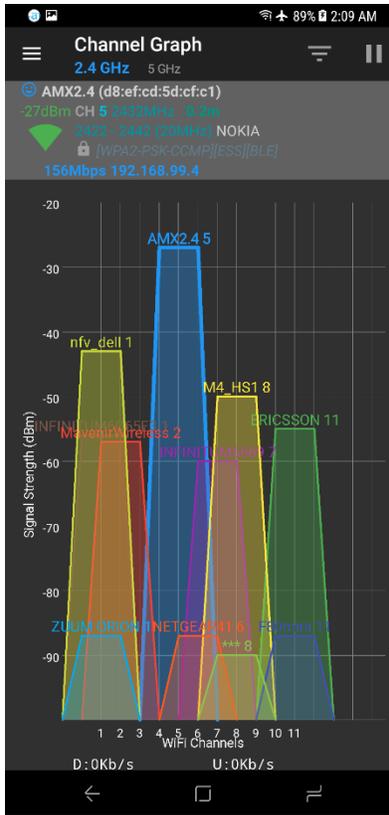


Imagen 3.15. Características de conexión reportado por el Dispositivo móvil.

Así mismo, podemos notar que incluso cuando los 3 dispositivos muestran la misma capacidad de conexión, el terminal S7 bajo prueba logra la mitad del rendimiento en comparación con el Xperia y el S8+. Por lo cual, podemos afirmar que los resultados tienen una gran dependencia de las capacidades del terminal utilizado para la prueba.

**Prueba tráfico UDP DL 2. Rendimiento de tráfico UDP DL de múltiples usuarios conectados a 40 MHz dentro de 2.4 GHz.**

El propósito de la siguiente prueba es mostrar en rendimiento del tráfico de bajada de múltiples usuarios.

Dispositivo Móvil	Sony Xperia ZX	Samsung Galaxy S7	Samsung Galaxy S8+
STA MAC	84-C7-EA-84-E9-D1	8C-F5-A3-A1-AF-AB	B0-72-BF-D3-36-E9
Capacidad de conexión del dispositivo	802.11n:2.4GHz:20:HT	802.11n:2.4GHz:20:HT	802.11n:2.4GHz:20:HT
Velocidad alcanzada (kbps)	35,429	26,928	48,734
Pico de velocidad alcanzada (kbps)	114,036	26,928	48,734
Tráfico total		111,091	kbps
Rendimiento S7 vs Otros dispositivos en prueba:	64%		
Rendimiento S7 vs Tráfico total:	24%		

Tabla 3.5. Resultados prueba tráfico UDP DL 2.

A continuación, podemos notar que los 3 dispositivos móviles están conectados al Wi-Fi AP en 20 MHz HT, incluso cuando el parámetro configurado en el sistema es de 40 MHz.

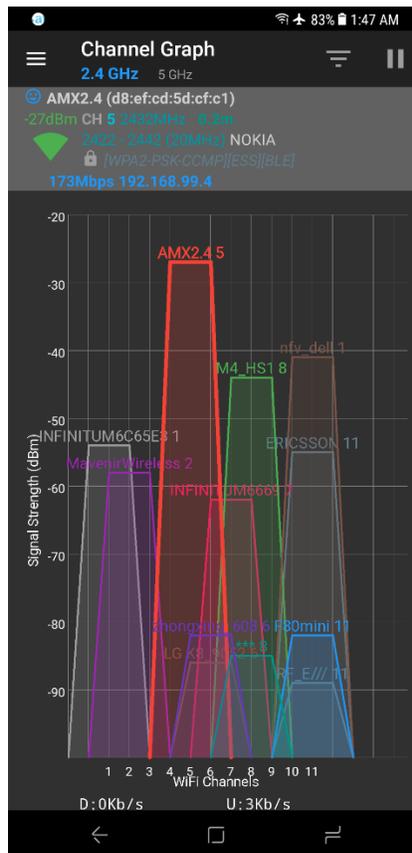


Imagen 3.16. Características de conexión reportado por los dispositivos móviles.

Así mismo, podemos notar que incluso cuando los 3 dispositivos muestran la misma capacidad de conexión, el terminal S7 bajo prueba logra aproximadamente la mitad del rendimiento en comparación con el Xperia y el S8+. Por lo que una vez más podemos afirmar que los resultados obtenidos tienen una gran dependencia de las capacidades del terminal utilizado para la prueba.

Prueba tráfico UDP DL 3. Rendimiento de tráfico UDP DL de un solo usuario conectado a 40 MHz dentro de 5.8 GHz.



El propósito de la siguiente prueba es mostrar en rendimiento del tráfico de bajada de un solo usuario.

Dispositivo Móvil	Sony Xperia ZX	Samsung Galaxy S7	Samsung Galaxy S8+
STA MAC	84-C7-EA-84-E9-D1	8C-F5-A3-A1-AF-AB	B0-72-BF-D3-36-E9
Capacidad de conexión del dispositivo	802.11ac:5GHz:40:VHT	802.11ac:5GHz:40:VHT	802.11ac:5GHz:40:VHT
Velocidad alcanzada (kbps)	165,388	321,700	341,082
Pico de velocidad alcanzada (kbps)	165,388	321,700	341,082

Tabla 3.6. Resultados prueba tráfico UDP DL 3.

A continuación, podemos notar que los 3 dispositivos móviles están conectados al Wi-Fi AP en 40 MHz VHT, concordando con el parámetro configurado en el sistema.

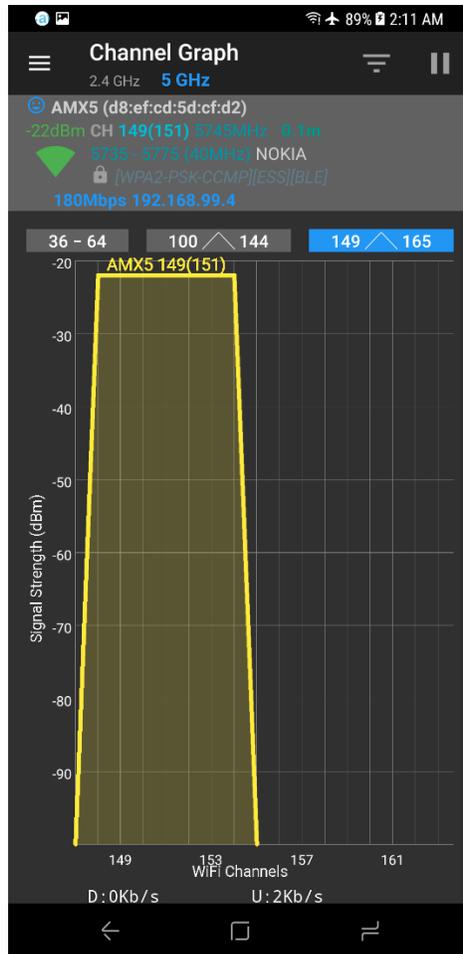


Imagen 3.17. Características de conexión reportado por el Dispositivo móvil.

De igual manera, podemos notar que incluso cuando los 3 dispositivos móviles muestran la misma capacidad de conexión, el terminal Xperia ZX bajo prueba logra la mitad del rendimiento en comparación con el S7 y el S8+.

**Prueba tráfico UDP DL 4. Rendimiento de tráfico UDP DL de múltiples usuarios conectados a 40 MHz dentro de 5.8 GHz.**

El propósito de la siguiente prueba es mostrar el rendimiento del tráfico de bajada de múltiples usuarios. En la siguiente tabla podemos notar cómo el tráfico es dividido entre los diferentes dispositivos según sus capacidades técnicas. Así mismo, podemos notar que el dispositivo Xperia alcanza alrededor de la mitad de tráfico comparado con los dispositivos S7 y S8+.

Dispositivo Móvil	Sony Xperia ZX	Samsung Galaxy S7	Samsung Galaxy S8+
STA MAC	84-C7-EA-84-E9-D1	8C-F5-A3-A1-AF-AB	B0-72-BF-D3-36-E9
Capacidad de conexión del dispositivo	802.11ac:5GHz:40:VHT	802.11ac:5GHz:40:VHT	802.11ac:5GHz:40:VHT
Velocidad alcanzada (kbps)	62,804	100,432	95,514
Pico de velocidad alcanzada (kbps)	166,151	100,432	115,440

Tráfico total	258,750	kbps
----------------------	----------------	-------------

Rendimiento XPERIA vs Otros dispositivos en prueba:	64%
Rendimiento XPERIA vs Tráfico total:	24%

Tabla 3.7. Resultados prueba tráfico UDP DL 4.



Prueba tráfico UDP DL 5. Rendimiento de tráfico UDP DL de un solo usuario conectado a 80 MHz dentro de 5.8 GHz.

El propósito de la siguiente prueba es mostrar el rendimiento del tráfico de bajada de un solo usuario.

A continuación, podemos notar que los 3 dispositivos móviles están conectados al Wi-Fi AP en 80 MHz VHT, concordando con el parámetro configurado en el sistema.

Dispositivo Móvil	Sony Xperia ZX	Samsung Galaxy S7	Samsung Galaxy S8+
STA MAC	84-C7-EA-84-E9-D1	8C-F5-A3-A1-AF-AB	B0-72-BF-D3-36-E9
Capacidad de conexión del dispositivo	802.11ac:5GHz:80:VHT	802.11ac:5GHz:80:VHT	802.11ac:5GHz:80:VHT
Velocidad alcanzada (kbps)	349,325	494,337	472,628
Pico de velocidad alcanzada (kbps)	349,325	494,337	472,628

Tabla 3.8. Resultados prueba tráfico UDP DL 5.

De acuerdo con la tabla anterior, podemos notar que incluso cuando los 3 dispositivos muestran la misma capacidad de conexión, el terminal Xperia ZX bajo prueba, logra menos rendimiento en comparación con el S7 y el S8+. Por lo cual, de igual manera podemos corroborar que existe una dependencia entre las capacidades del dispositivo usado y el resultado de la prueba.

**Prueba tráfico UDP DL 6. Rendimiento de tráfico UDP DL de múltiples usuarios conectados a 80 MHz dentro de 5.8 GHz.**

El propósito de la siguiente prueba es mostrar en rendimiento del tráfico de bajada de un solo usuario.

Dispositivo Móvil	Sony Xperia ZX	Samsung Galaxy S7	Samsung Galaxy S8+
STA MAC	84-C7-EA-84-E9-D1	8C-F5-A3-A1-AF-AB	B0-72-BF-D3-36-E9
Capacidad de conexión del dispositivo	802.11ac:5GHz:80:VH T	802.11ac:5GHz:80:VH T	802.11ac:5GHz:80:VH T
Velocidad alcanzada (kbps)	105,554	238,330	233,439
Pico de velocidad alcanzada (kbps)	111,113	494,337	233,439

Tráfico total	577,322	kbps
----------------------	----------------	-------------

Rendimiento S8+ vs Otros dispositivos en prueba:	45%
Rendimiento S8+ vs Tráfico total:	18%

Tabla 3.9. Resultados prueba tráfico UDP DL 6.

En la tabla anterior, podemos notar como el tráfico es dividido entre los diferentes dispositivos móviles dependiendo de sus capacidades técnicas. Así mismo, podemos notar que el dispositivo Xperia alcanza alrededor de la mitad de tráfico alcanzado por los dispositivos S8+ y S7.

Prueba tráfico UDP DL 7. Rendimiento de tráfico UDP DL de múltiples usuarios conectados: 2 dispositivos a 20MHz dentro de 2.4GHz y 2 dispositivos a 80 MHz dentro de 5.8 GHz.



El propósito de la prueba es demostrar el rendimiento de tráfico UDP DL para múltiples usuarios en 2 SSID diferentes.

Dispositivo Móvil	Xperia_at 2.4 GHz	S8+_at 2.4 GHz	S7(1) at 5.8GHz	S7(2) at 5.8GHz
STA MAC	84-C7-EA-84-E9-D1	B0-72-BF-D3-36-E9	8C-F5-A3-A1-AF-AB	8C-F5-A3-A7-AB-BF
Capacidad de conexión del dispositivo	802.11n:2.4GHz:20:HT	802.11n:2.4GHz:20:HT	802.11ac:5GHz:80:VHT	802.11ac:5GHz:80:VHT
Velocidad alcanzada (kbps)	53,778	64,953	360,607	364,898
Pico de velocidad alcanzada (kbps)	66,057	119,692	410,717	388,904

Tráfico total 2.4GHz	118,731	kbps
Tráfico total 5.8GHz	725,504	kbps

Tráfico total 2.4GHz + 5.8GHz	844,235	kbps
--------------------------------------	----------------	-------------

Tabla 3.10. Resultados prueba tráfico UDP DL 7.

En ésta última prueba podemos observar cómo el tráfico se divide entre los 2 SSID, obteniendo el mismo rendimiento por dispositivo en cada banda Wi-Fi.



Capítulo 5

Conclusiones

Como conclusión del presente trabajo es preciso recalcar que, desde el inicio hasta el fin del proyecto, se suscitaron diversos problemas tanto técnicos como externos, los cuales me dieron la oportunidad de participar en las soluciones planteadas, corregir mis errores y reconocer mis aciertos. Gracias a la intervención del equipo del cual fui parte, el proyecto se culminó en el tiempo estipulado, logrando así la aceptación del cliente.

El proyecto logró demostrar de manera satisfactoria, el desempeño de un acceso Wi-Fi como punto de conexión inicial a una red de telefonía móvil y sus principales elementos de red necesarios para su correcto funcionamiento.

Por otro lado, cabe recalcar que dada la calidad de confidencialidad de la solución planteada en el presente reporte, no se pudo describir en su totalidad el funcionamiento del producto propietario. Sin embargo, quedó constancia del planteamiento de un acceso Wi-Fi como solución a los problemas de cobertura de red. Por lo cual constituye una solución que próximamente será implementada y adoptada por la mayoría de las principales compañías proveedoras de servicios de telefonía móvil en nuestro país y en el mundo.

Las redes de Telecomunicaciones han constituido un reto de ingeniería ya que engloban diversas disciplinas del área, no solo para su funcionamiento actual si no para su constante innovación en soluciones que permitan una mejor calidad de comunicación.

Dentro de este marco, mi labor como egresado desde que inicia mi vida laboral ha sido la de aprender de otras áreas de conocimiento técnico como son las redes de datos de telefonía móvil, mismas que en un inicio fueron de mi completo desconocimiento. Sin embargo, gracias a las distintas intervenciones que he tenido en diversos proyectos de la empresa, me ha sido posible aprender los fundamentos teóricos y prácticos para cumplir con las necesidades y los objetivos de cada uno de los proyectos que en menor o mayor medida he sido parte.

Por último, quisiera hacer mención que gracias a la capacitación constante a la cual he tenido acceso por parte de la compañía, mi proceso de desarrollo profesional en el área ha sido de alguna manera menos tortuoso.



Bibliografía

- DORDOIGNE, Jose Redes Informáticas 5ta Edición, Eni ediciones, 2014.
- SHRIVASTWA, Alok. SARAT, Sunil. OpenStack:Building a Cloud Environment, Packt. Birmingham, 2016.
- Documentación de Hardware y Software propietario.